

沖縄大ヘリコプター墜落事件に係る土壌および水質汚染調査

Survey of Soil and Water Pollutions Related To Helicopter Crash At Okinawa
International University

新 垣 武

Arakaki, Takeshi

目 次

要 旨

調査内容

1) 調査目的

2) 調査項目

3) 調査地点

4) 調査方法

調査結果

考 察

参考文献

付 録

要 旨

1) 土壌の有害物質調査

米軍ヘリが墜落炎上した地点周辺にて土壌及び土壌ガスを採取した(墜落地点周辺12地点、バックグラウンド地点として1地点)。

土壌の分析は土壌汚染対策法によって定められた有害物質15項目及び油分(油分、油臭、油膜)、土壌ガスの分析は土壌汚染対策法によって定められた有害物質11項目について行った。

調査の結果、土壌についてはフッ素の溶出量が土壌汚染対策法に係る基準値を超過したポイントが2地点確認された。土壌ガスについてはベンゼンが検出された地点が3地点確認された。また、米軍が墜落機体搬出時に持ち去った土壌については鉛とフッ素が土壌汚

染対策法に定める基準値を超える値を示した。基準値を超えた、フッ素については消化剤、ベンゼンについては燃料油が起源だと考えられる。フッ素及びベンゼンが検出された地点はヘリ墜落地点の直下である。

2) 土壌の放射性物質調査

米軍ヘリが墜落炎上した地点を中心に9地点(土壌及び建物壁面のスス)、及びバックグラウンド1地点(土壌)にて試料を採取・測定を行った。また、米軍が墜落機体搬出時に持ち去った土壌についても測定を行った。

調査は土壌中の ^{238}U 、 ^{232}Th の量を確認するために γ 線測定、劣化ウラン混入の有無を確認するために質量分析装置による $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ (ウラン比)の測定、 β 線の総量を把握するための全 β 線測定を行った。

全ての調査項目について、墜落炎上した地点付近の9地点、及びバックグラウンド地点の結果を比較して特に異常値は確認されなかった。また、米軍が墜落機体搬出時に持ち去った土壌についても特に異常は認められなかった。

3) 井戸水の調査結果

土壌汚染対策法施行規則地下水基準で定める全ての項目について基準値以下であり、特に異常値は認められなかった。また、放射性物質についても特に異常値は認められなかった。

調査内容

1) 調査目的

平成16年8月13日に沖縄国際大学構内に墜落炎上した米軍ヘリコプターの墜落現場周辺環境の現況を把握するために、8月25日及び9月9日に土壌調査を行った。また、9月7日に墜落地点近傍にあるボーリング井戸の調査を行った。

2) 調査項目

今回のヘリコプター墜落事件による環境汚染としては土壌汚染とそれに伴う水質の汚染が最も懸念されたことから、土壌汚染対策法にもとづく土壌汚染物質と水質汚染物質の調査を行った。また、燃料油の流出がみられたことから、土壌中の油分調査も行った。さらに、墜落したヘリコプターに機材または搭載物資として利用されていた可能性のある放射性物質についても調査を行った。試料の分析は土壌については株式会社イーエーシー、井戸水については株式会社南西環境研究所に委託して実施した。

今回調査対象とした項目は表1のとおりである。

3) 調査地点

土壌分析用試料（ガス成分、含有量調査、溶出量調査、油分調査）の採取位置は図1に示す13地点である。また、米軍が機体撤収時に持ち去った土壌については図1中の番号5地点付近の土壌であると推定された。その土壌は2つの容器（木箱と段ボール箱）に保管されていたが、その2つの容器から別々に採

表1 調査対象項目

	項 目	測定内容	備 考
土 壌	ガス成分	第一種特定有害物質	土壌汚染対策法にもとづく
	含有量調査	第二種特定有害物質	土壌汚染対策法にもとづく
	溶出量調査	第二種・三種特定有害物質	土壌汚染対策法にもとづく
	油分調査	油分、油膜、油臭	
	放射性物質	^{238}U , ^{90}Sr , ^{232}Th , $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ (ウラン比)	
井 戸 水	有害物質調査	地下水の分析26項目	土壌汚染対策法にもとづく
	放射性物質	^{238}U , ^{234}U , ^{235}U , ^{90}Sr , ^{228}Th , ^{230}Th , ^{232}Th	

注) 1. 土壌の放射性物質調査時に本館南側階段にヘリコプター炎上時に付着したスス中の放射性物質についても調査した。

2. ^{90}Sr はベータ線放射核種であり、壊変して生成する ^{90}Y もまたベータ線を放出することから、全ベータ線を測定することで評価した。

取した2つの試料も分析を行った。

土壌中の放射性物質測定用試料の採取位置は図2に示す109地点であり、その中から9サンプルを選別して測定を行った。測定を行ったサンプルは図2中に黒丸で示した。また、階段に付着したススについては、一階階段の入り口付近、二階階段踊り場の西側壁面、二階から三階へ上がる階段の背面、二階階段踊り場の西側壁面の4箇所からサンプルを採取したが、その中で最も付着量が多いとみられた二階から三階へ上がる階段の背面のサンプルで測定を行った。また、米軍から返却された2つの試料についても測定を行った。

水質分析用の井戸水は墜落現場近傍にあるボーリング井戸からの汲み上げ水を試料とした。ボーリング井戸の位置は図1に示した。

4) 調査方法

土壌等

土壌ガス調査

(1) 試料採取・測定方法

試料は表層から1 m程度下の土壌中に存在するガスを採取した。

採取孔は15mm～30mm程度、深さ1 m程度の裸孔でドリルにより穿孔した。採取は「土壌ガス調査に係る採取及び測定の方法」(平成15年3月6日 環境省告示16号)の定める試料採取孔保護管及び採取管を用いて行った。

採取した試料は、「土壌ガス調査に係る採取及び測定の方法」に定める方法によって測定を行った。

土壌溶出・含有量調査、油分調査

(1) 試料採取・測定方法

試料は地点ごとに表層から5 cm、5 cmから50cmまでを採取した。

採取した試料は、土壌溶出量調査について

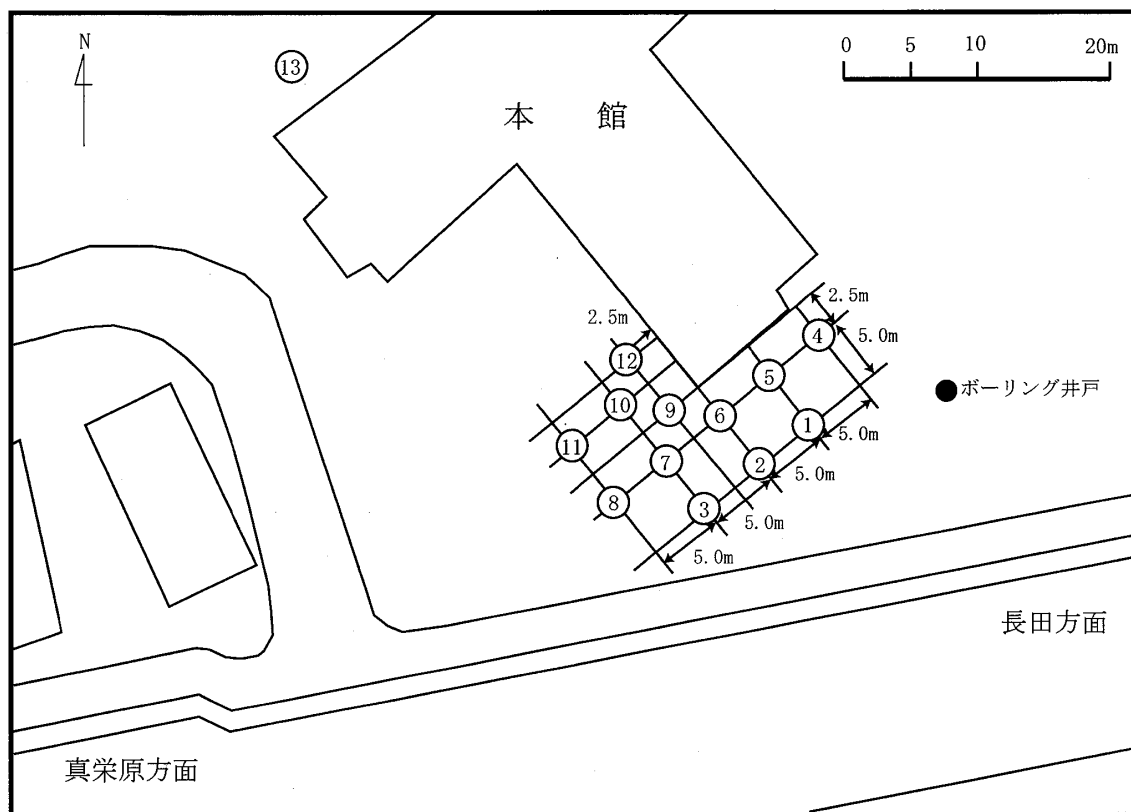


図1 土壌及び井戸水中の有害物質等分析用試料採取位置図

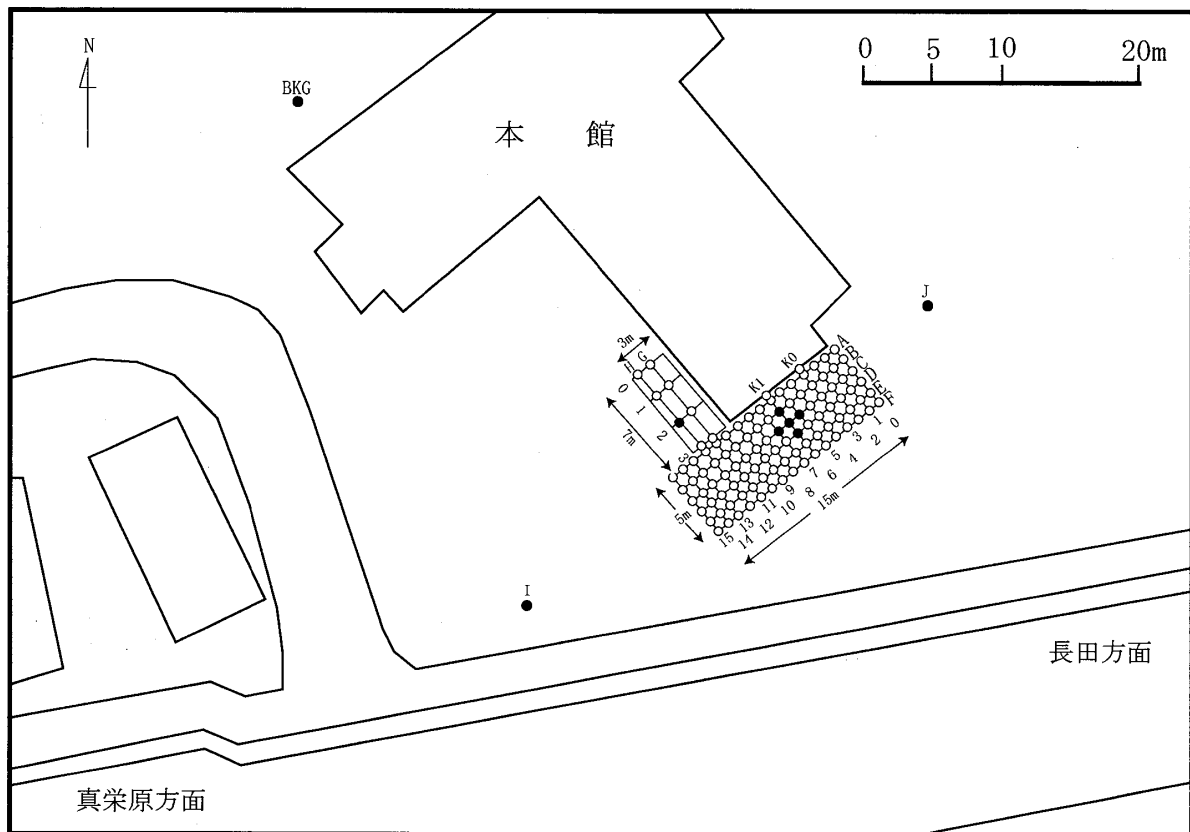


図2 土壌中の放射性物質分析用試料採取位置図

注) ●の地点からの試料は測定された。○の地点からの試料は予備試料として採取された。

は「土壌溶出量調査に係る測定方法」（平成15年3月6日 環境省告示18号）、土壌含有量調査については「土壌含有量調査に係る測定方法」（平成15年3月6日 環境省告示19号）、油分調査については「油による土壌・地下水汚染の調査・対策技術」（（財）土壌環境センター、2001）に定める方法により測定を行った。

放射性物質

(1)試料採取方法

試料は表層から数cm程度までの土壌及び建物壁面に付着したススを壁面数mmごと採取した。

(2)測定方法

a) ^{238}U 、 ^{232}Th

測定は試料中の異物(小石、植物等)を除いて風乾後、高純度ゲルマニウム半導体検出器を用いて測定を行った。

b) ^{90}Sr (全ベータ線測定)

測定は試料中の異物(小石、植物等)を除いて風乾後、低レベル 2π ガスフロー計数装置を用いて全ベータ線測定を行った。 ^{90}Sr はベータ線放射核種であり、壊変して生成する ^{90}Y もまたベータ線を放出することから、全ベータ線を測定することで評価した。

c) $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ (ウラン比)

試料約1gを硝酸と過塩素酸で分解し、ろ過後、含まれる鉄を利用してアンモニアでウラン、トリウムを水酸化鉄と共沈させ、その後イソプロピルエーテルで鉄を除去。水相の

有機物を分解後、硝酸で50mlに定容して、質量分析装置で測定した。

測定に使用した分析機器は表2に示した。

井戸水

井戸水有害物質調査

(1)試料採取・測定方法

試料はボーリング井戸から設置ポンプによ

り汲み上げた井戸水の排水口から直接採取した。

採取した試料は、「地下水に含まれる調査対象物質の量の測定方法」（平成15年3月6日環境省告示17号）に定める方法（表3参照）によって測定を行った。

表2 使用分析機器一覧表

項目		測定機器
放射性物質	^{238}U (γ 線測定)	ゲルマニウム半導体検出器 ORTEC、型式：GMX-25200 INTERTEC、型式：EGP200-15R CANBERRA、型式：GCW4023
	^{232}Th (γ 線測定)	
	^{90}Sr (全 β 線測定)	低バックグラウンド2 π ガスフロー計数装置 ALOKA、型式：LBC-451
	$^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ (ウラン比)	ICP-MS ヒューレットパッカード、型式：HP4500
第一種特定有害物質 (揮発性化合物)	四塩化炭素	ガスクロマトグラフ 日本電子データム株式会社、型式：GC-310
	1,2-ジクロロエタン	
	1,1-ジクロロエチレン	
	シス-1,2-ジクロロエチレン	
	1,3-ジクロロプロパン	
	ジクロロメタン	
	テトラクロロエチレン	
	1,1,1-トリクロロエタン	
	1,1,2-トリクロロエタン	
	トリクロロエチレン	
	ベンゼン	
第二種特定有害物質 (重金属等)	カドミウム	ICP発光分析装置 島津製作所、型式：ICPS-7000
	全シアン	分光光度計 HITACHI、型式：U1100、U1500
	鉛	ICP発光分析装置 島津製作所、型式：ICPS-7000
	六価クロム	ICP発光分析装置 島津製作所、型式：ICPS-7000
	砒素	原子吸光光度計 HITACHI、型式：Z-5000
	総水銀	水銀分析装置 日本インスツルメンツ、型式：RA-2A
	アルキル水銀	ガスクロマトグラフ 柳本製作所、型式：G-2800EN 非放射線式ECD検出器
	セレン	原子吸光光度計 HITACHI、型式：Z-5000
	フッ素	分光光度計 HITACHI、型式：U1100、U1500
	ホウ素	ICP発光分析装置 島津製作所、型式：ICPS-7000
第三種特定有害物質 (農薬等)	ポリ塩化ビフェニル	ガスクロマトグラフ 柳本製作所、型式：G-2800EN 非放射線式ECD検出器
	チウラム	高速液体クロマトグラフ 島津製作所、型式：LC-10AT CTO-10A SPD-10A
	シマジン	GC-MS 島津製作所、型式：QP5050
	チオベンカルブ	GC-MS 島津製作所、型式：QP5050
	有機燐	ガスクロマトグラフ 島津製作所、型式：GC-14B FID検出器

井戸水放射性物質調査

(1) 試料採取方法

試料はボーリング井戸から設置ポンプにより汲み上げた井戸水の排水口から直接採取した。

(2) 測定方法

a) 放射性ストロンチウム分析

文部科学省放射能測定法シリーズ2「放射性ストロンチウム分析法」(平成15年改訂)に準じて行った。操作の概略は以下のとおりである。

(a) 化学分離

採取試料から70Lを分取し、ろ過(No.5C)した。ろ液に塩酸及び担体(Sr^{2+})の一定量を添加し加熱濃縮後、炭酸塩、次いでシュウ酸塩沈殿としてストロンチウム等を分離した。シュウ酸塩沈殿を600℃に加熱後、塩酸で溶解し、イオン交換法でカルシウム等を除去した。

溶出液を蒸発乾固し乾固物を水に溶解後、 ^{90}Y を除去(スカベンジング)し、約一週間放置して、新たに生成した ^{90}Y を水酸化第二鉄沈殿に共沈させ(ミルキング)、分離型フィルターを用いてマウントし、測定試料とした。

なお、回収率補正のための安定ストロンチウムの定量は、イットリウムを内標準としたICP発光分光分析法により行った。

(b) 測定

測定試料を低バックグラウンド β 線測定装置(LBC)で7,200秒間測定した。測定試料の正味計数率を求め、計数効率、化学回収率等の補正を行い試料の放射能濃度を算出し、分析結果は試料採取日に減衰補正した。

(c) 測定機器

低バックグラウンド β 線測定装置：アロカ社製 LBC-471Q

b) トリウム分析

(a) 化学分離

採取試料から2Lを分取し、 ^{229}Th 回収率補正用トレーサを一定量添加した。塩酸及び過酸化水素水を加えた後、2時間煮沸した。鉄(Ⅲ)担体を加え、アンモニア水で $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沈殿を生成し、遠心分離した。 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沈殿を硝酸(3+2)に溶解し、陰イオン交換樹脂カラム法によりトリウムを分離・精製した。

分離・精製したトリウムをステンレス板上に電着して測定試料とした。

(b) 測定

シリコン半導体検出器を用い、測定試料の α 線スペクトルを原則として80,000秒間以上測定した。

^{228}Th 、 ^{230}Th 及び ^{232}Th の正味計数率を求め、回収率補正用トレーサの計数率との比較、分析供試量等からそれぞれの核種の放射能濃度を算出した。

(c) 測定機器

シリコン半導体検出器：CANBERRA社製 PD450-17-100AM型

c) ウラン分析

(a) 化学分離

採取試料から2Lを分取し、 ^{232}U 回収率補正用トレーサを一定量添加した。塩酸及び過酸化水素水を加えた後、2時間煮沸した。鉄(Ⅲ)担体を加え、アンモニア水で $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沈殿を生成し、遠心分離した。 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沈殿を硝酸(3+11)に溶解し、TBP-キシレン溶媒抽出法によりウランを分離・精製した。

分離・精製したウランをステンレス板上に電着し、測定試料とした。

(b) 測定

シリコン半導体検出器を用い、測定試料の α 線スペクトルを原則として80,000秒間以上測定した。

²³⁴U、²³⁵U及び²³⁸Uの正味計数率を求め、回収率補正用トレーサの計数率との比較、分析供試量等からそれぞれの核種の放射能濃度を算出した。

(c) 測定機器

シリコン半導体検出器：CANBERRA社製
PD450-17-100AM型

表3 水質分析方法

項目	計量の方法
カドミウム及びその化合物	環告第17号 JIS K0102-55.2 原子吸光法
シアン化合物	環告第17号 JIS K0102-38.3 4-ピリジンカルボン酸-ピラゾロン吸光光度法
鉛及びその化合物	環告第17号 JIS K0102-54.2 原子吸光法
六価クロム化合物	環告第17号 JIS K 0102-65.2.1 ジフェニルカルバジド吸光光度法
砒素及びその化合物	環告第17号 JIS K 0102-61.2 水素化物発生原子吸光法
総水銀及びその化合物	環告第17号 環告第59号 *1 付表1 還元気化原子吸光法
アルキル水銀	環告第17号 環告第59号 *1 付表2 GC法 (ECD)
ポリ塩化ビフェニル	環告第17号 環告第59号 *1 付表3 溶媒抽出 GC法 (ECD)
ジクロロメタン	環告第17号 JIS K0125-5.2 ヘッドスペース GC-MS法
四塩化炭素	環告第17号 JIS K0125-5.2 ヘッドスペース GC-MS法
1-2-ジクロロエタン	環告第17号 JIS K0125-5.2 ヘッドスペース GC-MS法
1. 1-ジクロロエチレン	環告第17号 JIS K0125-5.2 ヘッドスペース GC-MS法
シス-1. 2-ジクロロエチレン	環告第17号 JIS K0125-5.2 ヘッドスペース GC-MS法
1. 1. 1-トリクロロエタン	環告第17号 JIS K0125-5.2 ヘッドスペース GC-MS法
1. 1. 2-トリクロロエタン	環告第17号 JIS K0125-5.2 ヘッドスペース GC-MS法
トリクロロエチレン	環告第17号 JIS K0125-5.2 ヘッドスペース GC-MS法
テトラクロロエチレン	環告第17号 JIS K0125-5.2 ヘッドスペース GC-MS法
1. 3-ジタロプロペン	環告第17号 JIS K0125-5.2 ヘッドスペース GC-MS法
チウラム	環告第17号 環告第59号 *1 付表4 固相抽出 HPLC法
シマジン	環告第17号 環告第59号 *1 付表5 第1 固相抽出 GCMS法
チオベンカルブ	環告第17号 環告第59号 *1 付表5 第1 固相抽出 GCMS法
ベンゼン	環告第17号 JIS K0125-5.2 ヘッドスペース GC-MS法
セレン及びその化合物	環告第17号 JIS K 0102-61.2 水素化物発生原子吸光法
有機りん化合物	環告第17号 環告第64号 *1 付表1 FPD-GC法
ふっ素及びその化合物	環告第17号 JIS K 0102-34.1 ランタン-アリザリンコンプレキソン吸光光度法
ほう素及びその化合物	環告第17号 JIS K 0102-47.3 ICP発光分光分析法

「備考」

*1 水質汚濁に係る環境基準について昭和46年12月 環境庁告示第59号

最終改正平成15年11月 環境省告示第123号

*2 環境大臣が定める排水基準に係る検定方法 昭和49年9月 環境庁告示第64号

最終改正平成13年6月環境省告示第37号

調査結果

1) 土壌等調査 (参考文献1)

(1) 土壌ガス(第一種特定有害物質)

土壌ガス調査項目全11項目中、ベンゼンが検出された。その他の項目については全て定量下限値以下であった。

検出された地点はNo. 5、6、9の3地点であった。その他の全ての地点は定量下限値以下であった。調査結果を表4に示す。

(2) 土壌溶出・含有量調査

土壌溶出量調査項目は、調査地点No. 5及びNo. 6、米軍搬出土壤である試料名木箱、段ボールにおいて、フッ素が基準値を超過した。

土壌含有量調査項目は、米軍搬出土壤の木箱試料において鉛が基準値を超過した。

その他の地点・試料は全ての項目において基準値を満たしていた。

調査結果を表5及び表6に示した。

(3) 油分調査

調査結果を表7に示した。

(1)油分

油分は米軍搬出土壤の木箱試料が最大値0.36%を示した。油分が検出された調査地点はNo. 1～3、6、7、11～13の計8地点、米軍搬出土壤2検体であった。その他の地点は定量下限値以下であった。

(2)油膜

油膜が認められた調査地点は、調査地点6、8、9、12の4地点及び米軍搬出土壤2検体であった。

(3)油臭

油臭は、調査地点6、8、9、12の4地点及び米軍搬出土壤2検体で確認された。油臭が確認された調査地点の臭気強度は2～4であった。確認された油臭は鉱油臭であった。

表4 土壌ガス調査結果

試料名	試料採取日時	計量項目および計量結果 (volppm)										
		四塩化炭素	1,2-ジクロロエタン	1,1-ジクロロエチレン	シス-1,2-ジクロロエチレン	1,3-ジクロロベンゼン	ジクロロメタン	テトラクロロエチレン	1,1,1-トリクロロエタン	1,1,2-トリクロロエタン	トリクロロエチレン	ベンゼン
No.1	12:10	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.05
No.2	12:15	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.05
No.3	11:08	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.05
No.4	12:00	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.05
No.5	11:50	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.28
No.6	11:33	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1.0
No.7	11:20	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.05
No.8	10:50	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.05
No.9	11:25	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.28
No.10	10:40	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.05
No.11	10:45	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.05
No.12	10:26	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.05
No.13	9:52	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.05
定量下限値		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05

表5 土壌溶出調査結果

単位：mg/L

項 目	記号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13	段ボール	木箱	基準値※1
第二種特定有害物質（重金属等）	カドミウム	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	≤0.01
	全シアン	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	不検出
	鉛	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	≤0.01
	六価クロム	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	≤0.05
	砒素	<0.001	0.001	<0.001	0.002	0.002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	≤0.01
	総水銀	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	≤0.0005
	アルキル水銀	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	不検出
	セレン	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	≤0.01
	フッ素	0.6	0.7	0.6	0.4	0.9	1.2	0.6	0.4	0.5	0.3	0.3	0.6	0.4	1.2	1.3	≤0.8
	ホウ素	0.04	0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.04	<0.02	<0.02	0.04	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.29	0.46	≤1
	ポリ塩化ビフェニル	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	不検出
第三種特定有害物質（農薬等）	チウラム	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	≤0.006
	シマジン	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	≤0.003
	チオベンカルブ	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	≤0.02
	有機燐	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	不検出

※1：土壌汚染対策法施行規則(H14.12.26 環令29 別表第二)

表 6 土壌含有量調査結果

項 目		記号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13	段ボール	木箱	基準値※1
第一種特定有害物質	カドミウム及びその化合物	Cd	<1	1	<1	<1	<1	4	3	<1	3	1	<1	<1	<1	31	109	≤150
	六価クロム化合物	Cr(VI)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	≤250
第二種特定有害物質	シアン化合物	T-CN	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	≤50
	水銀及びその化合物	T-Hg	0.04	0.04	0.04	0.02	0.04	0.02	<0.02	0.04	0.02	0.04	0.03	0.06	0.07	<0.02	<0.02	≤150
重金属等	セレン及びその化合物	Se	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	≤150
	鉛及びその化合物	Pb	12	14	11	11	9	18	15	9	14	6	5	10	13	78	209	≤150
	砒素及びその化合物	As	1	1	1	1	<1	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1	<1	1	≤150
	ふっ素及びその化合物	F	20	30	20	20	30	20	30	10	20	<10	10	<10	10	90	240	≤4000
ほう素及びその化合物		B	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	40	80	≤4000

※1：土壌汚染対策法施行規則(H14.12.26 環令29 別表第三)

表 7 油分調査結果

項目	記号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13	段ボール	木箱
油分 (%)	n-Hex	0.002	0.003	0.001	<0.001	<0.001	0.004	0.002	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	0.002	0.002	0.13	0.36
油膜		無	無	無	無	無	有	無	有	有	無	無	有	無	有	有
油臭の臭気強度		無	無	無	無	無	3 (鉱油臭)	無	2 (鉱油臭)	2 (鉱油臭)	無	無	2 (鉱油臭)	無	4 (鉱油臭)	3 (鉱油臭)

()内は油臭の種類を表す。

臭気強度	判定基準
0	無臭
1	やっと検知できるにおい (検知閾値濃度)
2	何のにおいであるかわかる弱いにおい (認知閾値濃度)
3	楽に検知できるにおい
4	強いにおい
5	強烈なにおい

(4) 放射性物質

採取した試料の内、ヘリの墜落地点及び周辺状況から10調査地点（BKG、壁面、B6、C5、C6、C7、D6、H2、I、J）の試料を選定し測定を行った。

(1) ^{238}U 、全ベータ線、 ^{232}Th 調査結果

^{238}U 、全ベータ線、 ^{232}Th の調査結果を表8と図3に示した。米軍ヘリ墜落現場の調査地

点とバックグラウンド（BKG）として設定した調査地点の結果を比較すると、特に異常値は認められなかった。

(2) $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ （ウラン比）

天然で土壤中に存在するウランに比べて劣化ウラン中の $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ （ウラン比）は低いことから劣化ウランが混入すると、ウラン比は低くなると予想される。

表8 ^{238}U 、 ^{232}Th 、全ベータ線調査結果

項目 地点名	$^{238}\text{U}(63\text{keV})^{*1}$		$^{232}\text{Th}(338\text{keV})$		全ベータ線	
	mBq/g	Err	mBq/g	Err	cpm	Err
BKG	43.8	± 2.5	47.9	± 2.3	5.0	± 0.2
B6	41.6	± 3.0	32.2	± 3.7	5.3	± 0.2
C5	41.7	± 1.9	42.5	± 1.4	4.5	± 0.2
C6	37.3	± 2.2	47.0	± 1.9	4.8	± 0.2
C7	44.2	± 2.5	36.0	± 0.6	5.2	± 0.2
D6	38.3	± 3.5	51.2	± 2.9	5.6	± 0.2
H2	16.0	± 3.9	44.8	± 1.6	4.8	± 0.2
I	49.4	± 3.7	40.9	± 0.6	6.2	± 0.2
J	37.9	± 2.9	46.8	± 2.3	5.1	± 0.2
壁面3	32.1	± 2.1	24.4	± 1.2	3.3	± 0.2
段ボール	36.5	± 2.2	40.1	± 2.0	4.4	± 0.2
木箱	22.9	± 2.4	38.3	± 1.4	4.6	± 0.2

()内の数値は測定した γ 線のエネルギー

※1 ^{238}U の測定は娘核種である ^{234}Th が壊変する際に発生する γ 線を測定

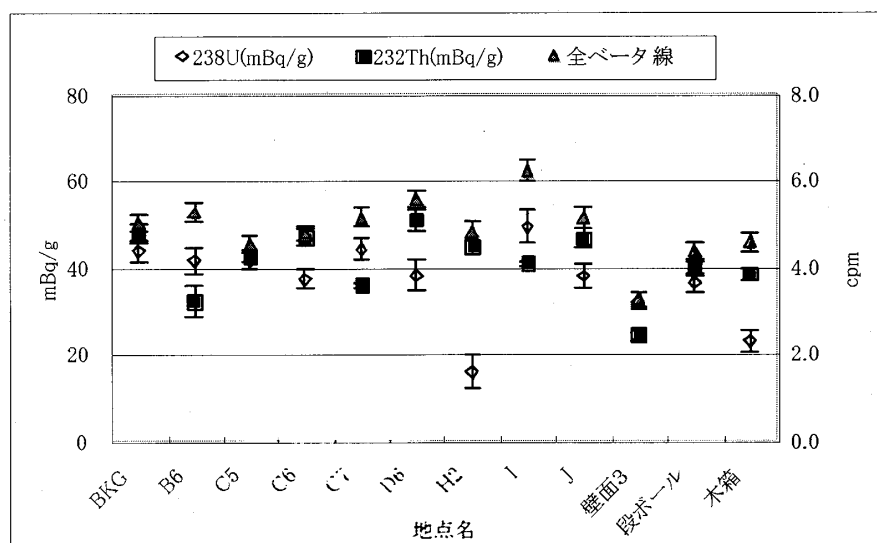


図3 ^{238}U 、 ^{232}Th 、全ベータ線調査結果

表9 $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ (ウラン比) 調査結果

地点名	BKG	B-6	G-5	G-6	G-7	D-6
$^{235}\text{U}/^{238}\text{U}(\%)$	0.739	0.728	0.733	0.734	0.739	0.739
Err	± 0.004	± 0.005	± 0.006	± 0.005	± 0.003	± 0.005

地点名	H2	I	J	壁面3	段ボール	木箱
$^{235}\text{U}/^{238}\text{U}(\%)$	0.731	0.733	0.729	0.748	0.737	0.739
Err	± 0.004	± 0.004	± 0.002	± 0.006	± 0.013	± 0.005

※天然の $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ (ウラン比) は0.73%

表10 井戸水の調査結果

項目	単位	井戸水	基準
カドミウム及びその化合物	mg/l	< 0.001	0.01
シアン化合物	mg/l	不検出 (<0.01)	不検出
鉛及びその化合物	mg/l	<0.005	0.01
六価クロム化合物	mg/l	<0.01	0.05
砒素及びその化合物	mg/l	<0.005	0.01
水銀及びその化合物	mg/l	<0.0005	0.0005
アルキル水銀	mg/l	不検出 (<0.0005)	不検出
ポリ塩化ビフェニル	mg/l	不検出 (<0.0005)	不検出
ジクロロメタン	mg/l	<0.001	0.02
四塩化炭素	mg/l	<0.0001	0.002
1,2-ジクロロエタン	mg/l	<0.0001	0.004
1,1-ジクロロエチレン	mg/l	<0.001	0.02
シス-1,2-ジクロロエチレン	mg/l	<0.001	0.04
1,1,1-トリクロロエタン	mg/l	<0.001	1
1,1,2-トリクロロエタン	mg/l	<0.0001	0.006
トリクロロエチレン	mg/l	<0.001	0.03
テトラクロロエチレン	mg/l	<0.001	0.01
1,3-ジクロロプロペン	mg/l	<0.0001	0.002
チウラム	mg/l	<0.0005	0.006
シマジン	mg/l	<0.0003	0.003
チオベンカルブ	mg/l	<0.002	0.02
ベンゼン	mg/l	<0.001	0.01
セレン及びその化合物	mg/l	<0.001	0.01
有機りん化合物	mg/l	不検出 (<0.01)	不検出
ふっ素及びその化合物	mg/l	0.14	0.8
ほう素及びその化合物	mg/l	0.57	1

$^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ の調査結果を表9に示す。バックグラウンド調査地点（BKG）、天然のウラン比（0.73%）と比較しても全ての調査地点において特に異常値は確認されなかった。

2) 井戸水調査（参考文献2及び3）

（1）井戸水中の有害物質

井戸水中の有害物質の調査結果を表10に示す。土壤汚染対策法に定められた基準値を上回る値は観測されなかった。

（2）井戸水中の放射性物質

井戸水中の放射性物質調査結果を表11に示す。ストロンチウム、トリウム及びウラニウム235については、測定値が低く計数誤差の3倍以上の値は観測されなかった。また、測定値は自然界で通常観測されるレベルの値であった。また、 ^{234}U と ^{238}U の比をみると、放射平衡から予想される1よりも高い値を示しており、特に劣化ウランが混入したとは考えられない。また、 ^{235}U と ^{238}U の比についても計測誤差を考慮に入れると特に異常な値ではない。

考察

1) 有害物質による土壤及び井戸水の汚染

（1）土壤

a) 土壤ガス（第一種特定有害物質）

今回行った調査より、調査地点No.5、6、9の3地点からベンゼンが検出された。米軍

からの提供試料によるとベンゼンは墜落したヘリコプターの燃料として使用されているジェット燃料JP5に含まれていることから、今回検出されたベンゼンについては墜落時に漏出した燃料起源だと考えられる。

ベンゼンの有害性については、「リスクコミュニケーションのための化学物質ファクトシート（2003年版、環境省）」によると、「疫学研究において、ベンゼンが人に白血病を引き起こすことに関して十分な証拠があると考えられており、国際がん研究機関（IARC）はこの物質を1（人に対して発がん性がある）に分類している。また、動物実験などの結果では染色体異常が観察されており、総合的に判断してベンゼンには遺伝子障害性があると考えられる。慢性毒性としては、高濃度のベンゼンを長期間体内に取り込むと造血器に障害を引き起こすことが報告されている。」となっている。

土壤ガス（第一種特定有害物質）の基準値は定められていないが、作業環境評価基準（労働省）と比較すると、今回検出されたベンゼンは最大値を示したNo.6においても基準値の1/10程度であることからベンゼン（気体）の吸飲による人への健康被害の危険性は低いと思われる。

ジェット燃料JP-5の有害性については、ATSDR ToxFAQsによると、主成分はケロシンであり、有害性はケロシンと同様で大量に吸引した場合には、1）頭痛、2）集中力

表11 井戸水中の放射性物質調査結果

試料名	^{90}Sr	トリウム分析			ウラン分析			単位
		^{228}Th	^{230}Th	^{232}Th	^{234}U	^{235}U	^{238}U	
井戸水	0.12 ± 0.07	-	0.09 ± 0.05	0.07 ± 0.04	2.7 ± 0.36	0.18 ± 0.01	1.6 ± 0.27	mBq/L

1) 誤差は計数誤差のみを示した。

2) ^{90}Sr の分析結果は試料採取日に減衰補正した。

の欠如、3) 倦怠感などを引き起こすとされている。

今回の調査では土壌中のベンゼンの溶出試験調査及び深度調査は実施されていないため、汚染の程度、深度は把握されていないが、米軍、沖縄県、宜野湾市、沖縄国際大学が参加し米軍が主体となって実施している土壌汚染調査においてはボーリングによる深度調査も実施中であり、その結果も踏まえて汚染対策を検討する必要がある。

b) 土壌溶出・含有量調査(第二・三種特定有害物質)

今回行った調査結果では、溶出量調査でフッ素、また含有量調査で鉛が基準値を超過していることが確認された。

米軍からの提供試料によるとフッ素は墜落炎上したヘリコプターを消化した時に使用した泡消化剤に含まれていることから、今回検出されたフッ素については泡消化剤が起源だと考えられる。

フッ素の有害性については、「リスクコミュニケーションのための化学物質ファクトシート(2003年版、環境省)」によると、“ふっ素を継続的に飲水によって体内に取り込むと、0.9~1.2 mg/L のふっ素濃度で12~46%の人に軽度の斑状歯が発生することが報告されており、最近のいくつかの研究では1.4 mg/L以上で、骨へのふっ素沈着の発生率や骨折リスクが増加するとされている。”となっている。

今回のフッ素による汚染についても前述の米軍による土壌汚染調査の結果も踏まえて、汚染対策を検討していく必要がある。

含有量調査で鉛が基準を超過した試料は米軍搬出土壤で、その他の調査地点は全て基準値を満たしていたことから、汚染は局所的なもので現地土壤の飛散等による人への健康被

害の危険性は低いと思われる。汚染源としては、機体に使われていた機材や塗料などが考えられる。

沖縄県文化環境部が墜落機体搬出直後(8月19日)に実施した土壌汚染調査では、1) 溶出試験でベンゼン、フッ素及びホウ素、2) 含有量試験でカドミウムと鉛が検出されたが、いずれも基準値以下だったと報告している(沖縄県のデータについては付録を参照)。

(2) 井戸水

今回の調査では土壌汚染対策法で定める全ての項目について地下水基準値を上回る値は検出されなかった。しかしながら、墜落ヘリに搭載されていたシーマーカー(海上での事故時の海面着色用蛍光塗料)の原料であるフルオレセインナトリウムが井戸水の定性試験で確認された。またナトリウムと塩化物イオンの分析結果(Na^+ : 135mg/L, Cl^- : 36.6mg/L)でもナトリウムの過剰がみられることから、井戸水へのシーマーカーの混入が示唆されている。

汚染された土壤から有害物質が地下水に移流拡散するには土壤によるが、一般的に時間がかかると予想されることから、井戸水水質調査を継続的に行い井戸水の安全が確認されるまでは、井戸水の使用は注意が必要だと思われる。

2) 放射性物質による土壌及び井戸水の汚染

(1) 土壌

今回の米軍ヘリコプター墜落に伴って生じると考えられる放射能汚染の核種としては次のものがある。

a) 劣化ウラニウム (^{235}U , ^{238}U)

劣化ウランはその比重が大きく値段が安いことから航空機においてカウンターバランスとして使用される場合が多い。また、最近では

その砲弾としての特性から劣化ウラン弾として使用されている。これらの理由から墜落ヘリにも機材として、または兵器として劣化ウランが搭載されていた可能性がある。劣化ウランの墜落ヘリへの搭載については、米軍に照会したが未回答である。

b) トリウム232 (^{232}Th)

エンジンの強化材としてトリウムが使われている可能性がある（矢ヶ崎克馬、私信）。

c) ストロンチウム90 (^{90}Sr)

ストロンチウム90は米軍ヘリコプターの安全機材として使用されている。これについては、駐日米国大使館もその使用を認めている。

ウランによる汚染については墜落現場と少し離れた地点の ^{235}U と ^{238}U の放射能と $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ （ウラン比）を比較したが、特に劣化ウランの混入によるとみられる異常値は認められなかった。もしも、土壌中のウラン濃度を3 ppm程度と想定すると劣化ウラン10gを10m四方（100 m^2 ）の厚さ10cmの土壌に混入すると今回測定された天然の値とほぼ等しいと考えられるウラン比（約0.73）からかなり低い0.68程度に変化することから、今回のヘリ墜落事故では劣化ウランの飛散はあったとしても少なかったと考えられる。

トリウムによる汚染については墜落現場と少し離れた地点の ^{232}Th の放射能を比較したが、特に異常値は認められなかったことやウランと違って可燃性がなく飛散しにくいことから今回の事件でのトリウムの飛散はなかったと考えられる。

ストロンチウム90については回転翼安全装置（6個）および氷結探知機の放射線源として各々約500マイクロキュリーと約50マイクロキュリーの ^{90}Sr が使われていた。また、回転翼安全装置5個と氷結探知機中の ^{90}Sr 線源は回収されたが回転翼安全装置1個が未回収であり、機体の燃焼・溶解で気化した可能

性が高く、識別不能であると駐日米国大使館は発表している。

今回の調査ではヘリ墜落地点と少し離れた地点の全ベータ線量を比較したところ特に異常値は測定されず、墜落現場での放射能汚染はみられない状況である。

全ベータ線の測定に使用した土壌は1gであり、その平均的な放射能は5 cpm/g程度で対象区でも墜落現場でもほとんど同じであった。紛失した500マイクロキュリーの ^{90}Sr の放射能をcpmに換算すると 1.11×10^9 cpmとなる。この放射能を土壌に拡散希釈して5 cpm/gにするには、土壌の比重を $2.5\text{g}/\text{cm}^3$ と仮定すると厚さ10cmで30m四方の土壌があればよい。このことから紛失した500マイクロキュリーの ^{90}Sr が30m四方の厚さ10cmの土壌に拡散したとしても今回測定された全ベータ線量の2倍の異常値が測定されるはずである。しかしながら、実際にはそのような異常値はみられない。

これについては、燃焼気化した ^{90}Sr が相当広範囲に拡散したか、消化活動や墜落後の降水により溶解して移流拡散した可能性、または燃焼気化しなかった可能性も考えられるが、現時点の情報ではその原因の特定は容易ではない。 ^{90}Sr はノック式ボールペンの押しボタンくらいのサイズの小さいステンレス製保護シリンダーに装填されていたと駐日米国大使館は発表している。ステンレススチールは熱に強く融点も $1,500^\circ\text{C}$ 程度であり、簡単に燃焼・融解して気化するとは考えにくいことから駐日米国大使館が気化したと判断した詳細な根拠について照会したが未回答である。

（2）井戸水

墜落現場近傍のボーリング井戸から採水した試料については放射能に関して特に異常値は測定されなかった。しかしながら、有害物

質と同様に汚染された土壌から地下水に移流拡散するには、一般的に時間がかかると予想されることから、井戸水水質調査を継続的に行い井戸水の安全性が確認されるまでは、井戸水の使用は注意が必要だと思われる。

参考文献

- 1) 沖縄国際大学、株式会社イーエーシー：
沖縄国際大学土壌調査報告書、2004年10月
- 2) 株式会社南西環境研究所：濃度計量証明書（井戸水分析）、2004年9月
- 3) 株式会社南西環境研究所：試験結果証明書（井戸水分析）、2004年9月
- 4) 米軍提供資料：MSDS Safety Information [Military Aviation Turbine Fuel JP-5]
- 5) リスクコミュニケーションのための化学物質ファクトシート（2003年版、環境省）
- 6) 労働省：作業環境基準、労働省告示第79号、昭和63年9月1日
- 7) Agency for Toxic Substances and Disease Registry：ToxFAQs JET FUELS JP-5 and JP-8, 1999年
- 8) 米軍提供資料：MSDS Safety Information [AFFF 6% Form Concentrate]
- 9) 沖縄県文化環境部：米軍ヘリ墜落事故に伴う環境調査の結果について、平成16年9月16日
- 10) 駐日米国大使館発表資料：米軍ヘリ墜落事故：報道機関の質問に対する回答、2004年9月3日
- 11) 矢ヶ崎克馬（琉球大学理学部）：私信
- 12) 富永健、佐野博敏：放射化学概論、東京大学出版会、1999年
- 13) 草間朋子：放射線防護マニュアル、日本医事新報社、2004年

- 14) 西澤邦秀：放射線安全取り扱いの基礎、名古屋大学出版会、2004年

付録

1. 米軍ヘリ墜落事故に伴う環境調査の結果について（沖縄県文化環境部平成16年9月16日）

土壌溶出量の分析結果

単位：mg/kg

測定項目	基準値*	墜落現場	対照区
カドミウム及びその化合物	0.01mg/L以下	< 0.001	< 0.001
シアン化合物	検出されないこと	< 0.1	< 0.1
有機リン化合物	検出されないこと	< 0.01	< 0.01
鉛及びその化合物	0.01mg/L以下	< 0.002	< 0.002
六価クロム化合物	0.05mg/L以下	< 0.02	< 0.02
砒素及びその化合物	0.01mg/L以下	< 0.002	< 0.002
水銀及びその化合物	0.0005mg/L以下	< 0.0005	< 0.0005
アルキル水銀	検出されないこと	< 0.0005	< 0.0005
ポリ塩化ビフェニル	検出されないこと	< 0.0005	< 0.0005
ジクロロエタン	0.02mg/L以下	< 0.0005	< 0.0005
四塩化炭素	0.002mg/L以下	< 0.0005	< 0.0005
1,2-ジクロロエタン	0.004mg/L以下	< 0.0005	< 0.0005
1,1-ジクロロエチレン	0.02mg/L以下	< 0.0005	< 0.0005
シス-1,2-ジクロロエチレン	0.04mg/L以下	< 0.0005	< 0.0005
1,1,1-トリクロロエタン	1mg/L以下	< 0.0005	< 0.0005
1,1,2-トリクロロエタン	0.006mg/L以下	< 0.0005	< 0.0005
トリクロロエチレン	0.03mg/L以下	< 0.0005	< 0.0005
テトラクロロエチレン	0.01mg/L以下	< 0.0005	< 0.0005
1,3-ジクロロプロペン	0.002mg/L以下	< 0.0005	< 0.0005
チウラム	0.006mg/L以下	< 0.001	< 0.001
シマジン	0.003mg/L以下	< 0.001	< 0.001
チオベンカルブ	0.02mg/L以下	< 0.002	< 0.002
ベンゼン	0.01mg/L以下	0.0007	< 0.0005
セレン及びその化合物	0.01mg/L以下	< 0.002	< 0.002
ふっ素及びその化合物	0.8mg/L以下	0.7	0.3
ほう素及びその化合物	1mg/L以下	0.06	< 0.05

* 土壌汚染対策法施行規則第18条第1項別表第2

注) 墜落現場周辺5地点の土壌を採取して混合して1検体とした。また対象区は大学構内5地点の土壌を採取して混合して1検体とした。

土壌含有量の分析結果

単位：mg/kg

測定項目	基準値＊	墮落現場	対照区
カドミウム及びその化合物	150mg/kg以下	7.4	< 0.1
六価クロム化合物	250mg/kg以下	< 2.0	< 2.0
シアン化合物	50mg/kg以下	< 5.0	< 5.0
水銀及びその化合物	15mg/kg以下	< 0.01	0.01
セレン及びその化合物	150mg/kg以下	< 0.05	< 0.05
鉛及びその化合物	150mg/kg以下	25	5.6
砒素及びその化合物	150mg/kg以下	0.47	0.86
ふっ素及びその化合物	4,000mg/kg以下	30	133
ほう素及びその化合物	4,000mg/kg以下	24	37

＊土壌汚染対策法施行規則第18条第2項別表第3

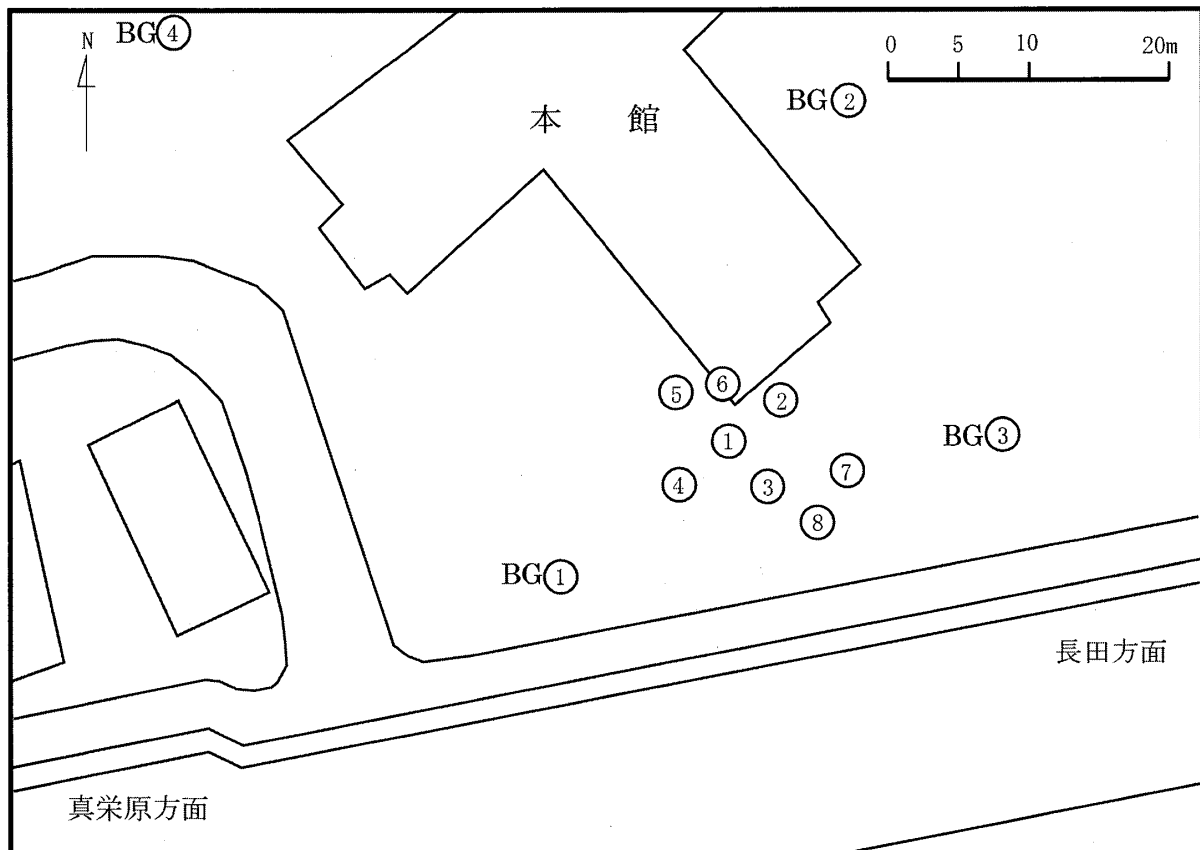
注) 墮落現場周辺5地点の土壌を採取して混合して1検体とした。また対象区は大学構内(本館北側)5地点の土壌を採取して混合して1検体とした。

土壌全ベータ線測定結果

試料番号	試料名	全ベータ (cpm/g乾土)	
1	土壌環境試料① (落下地点)	2.64 ± 0.35	最大 3.11 平均 2.66 最小 2.42
2	土壌環境試料② (落下地点)	2.54 ± 0.28	
3	土壌環境試料③ (落下地点)	2.60 ± 0.27	
4	土壌環境試料④ (落下地点)	3.11 ± 0.35	
5	土壌環境試料⑤ (落下地点)	2.42 ± 0.27	
6	土壌環境試料⑥ (本館南階段入り口)	2.79 ± 0.35	最大 3.17 平均 2.72 最小 2.21
7	土壌環境試料⑦ (表土除去地点)	3.17 ± 0.37	
8	土壌環境試料⑧ (立木の根本付近)	2.21 ± 0.27	
9	BG① (西側)	4.17 ± 0.41	最大 4.17 平均 3.35 最小 2.17
10	BG② (北側)	3.11 ± 0.30	
11	BG③ (東側)	3.93 ± 0.45	
12	BG④ (本館北側)	2.17 ± 0.39	

土壌のウラン分析結果

試料 番号	試料名	放射能濃度 (Bq/kg乾土)			放射能比	
		²³⁸ U	²³⁵ U	²³⁵ U	²³⁴ U/ ²³⁸ U	²³⁵ U/ ²³⁸ U
1	土壌環境試料① (落下地点)	9.6 ± 0.54	11 ± 0.6	0.29 ± 0.066	1.12 ± 0.05	0.031 ± 0.007
2	土壌環境試料② (落下地点)	14 ± 0.7	15 ± 0.8	0.49 ± 0.087	1.12 ± 0.04	0.036 ± 0.006
3	土壌環境試料③ (落下地点)	18 ± 1.0	20 ± 1.1	0.57 ± 0.10	1.10 ± 0.04	0.031 ± 0.005
4	土壌環境試料④ (落下地点)	12 ± 0.6	14 ± 0.7	0.66 ± 0.099	1.13 ± 0.05	0.055 ± 0.008
5	土壌環境試料⑤ (落下地点)	9.5 ± 0.53	9.9 ± 0.55	0.49 ± 0.083	1.05 ± 0.05	0.052 ± 0.009
6	土壌環境試料⑥ (本館南階段入り口)	13 ± 0.7	14 ± 0.7	0.49 ± 0.085	1.07 ± 0.04	0.038 ± 0.007
7	土壌環境試料⑦ (表土除去地点)	15 ± 0.8	18 ± 1.0	0.68 ± 0.10	1.21 ± 0.05	0.046 ± 0.007
8	土壌環境試料⑧ (立木の根本付近)	8.2 ± 0.48	9.2 ± 0.53	0.36 ± 0.073	1.13 ± 0.06	0.044 ± 0.009
9	BG① (西側)	20 ± 1.1	20 ± 1.2	1.0 ± 0.14	1.03 ± 0.04	0.051 ± 0.007
10	BG② (北側)	9.2 ± 0.57	9.4 ± 0.57	0.33 ± 0.077	1.02 ± 0.05	0.036 ± 0.008
11	BG③ (東側)	8.6 ± 0.52	9.8 ± 0.58	0.39 ± 0.079	1.14 ± 0.06	0.045 ± 0.009
12	BG④ (本館北側)	15 ± 0.8	17 ± 0.9	0.75 ± 0.11	1.12 ± 0.04	0.050 ± 0.007



放射能測定用試料のサンプリング地点位置図